

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-131081

(43)Date of publication of application : 16.05.1997

(51)Int.Cl.

H02N 6/00

H01L 31/04

(21)Application number : 07-305210

(71)Applicant : CANON INC

(22)Date of filing : 31.10.1995

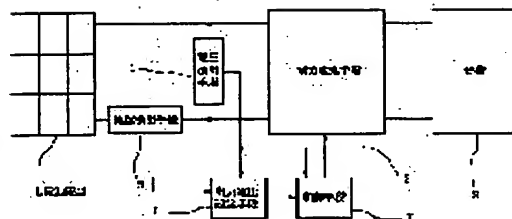
(72)Inventor : KUROKAMI MASAMICHI
TAKEHARA NOBUYOSHI
FUKAE KIMITOSHI

(54) POWER CONTROLLER FOR BATTERY POWER SUPPLY

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a power controller capable of stably taking out the maximum output from a solar battery.

SOLUTION: This equipment comprises a battery power supply 1, power conversion means 2 for converting power from the battery power supply and supplying it to a load 3, voltage detection means 4 for detecting a voltage value of the battery power supply, current detection means 5 for detecting a current value of the battery power supply, output value setting means 6 for setting an output value of the battery power supply based on the detected values of the voltage detection means and the current detection means, and control means 7 controlling the power conversion means in such a manner that the output value of the battery power supply coincides with the set point of the output value setting means. And the output value setting means 6 fluctuates the operating point of the battery power supply 1 and samples the voltage value and current value at a plurality of operating points, calculates power value from voltage and current values at each operating point, and the setting method for a set point is selected depending on the curvature of an approximate curve of voltage-power or current-power characteristics curves by polarized functional equations based on the power value and the voltage value of current value.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

14.11.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3359206

[Date of registration]

11.10.2002

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 9 - 1 3 1 0 8 1

(43) 公開日 平成9年(1997)5月16日

(51) Int. Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 2 N 6/00			H 0 2 N 6/00	
H 0 1 L 31/04			H 0 1 L 31/04	K

審査請求 未請求 請求項の数 1 9 F D

(全 1 8 頁)

(21) 出願番号 特願平7-305210

(22) 出願日 平成7年(1995)10月31日

(71) 出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72) 発明者 黒神 誠路

東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノン株式会社内

(72) 発明者 竹原 信善

東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノン株式会社内

(72) 発明者 深江 公俊

東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノン株式会社内

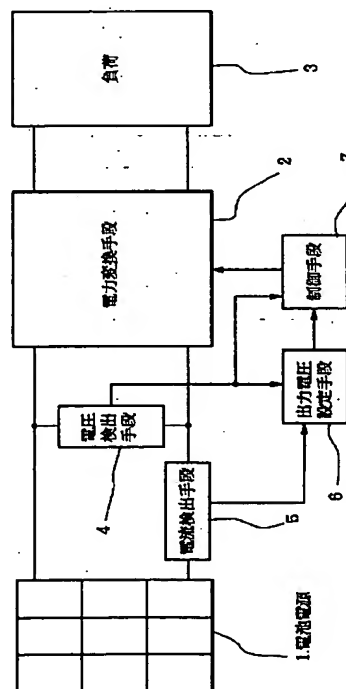
(74) 代理人 弁理士 伊東 哲也 (外1名)

(54) 【発明の名称】 電池電源の電力制御装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 安定的に太陽電池から最大出力を取り出す電力制御装置を提供する。

【解決手段】 電池電源1と、電池電源からの電力を変換して負荷3に供給する電力変換手段2と、電池電源の電圧値を検出する電圧検出手段4と、電池電源の電流値を検出する電流検出手段5と、電圧検出手段と電流検出手段の検出値に基づいて電池電源の出力値を設定するための出力値設定手段6と、電池電源の出力値が出力値設定手段の設定値に一致するように電力変換手段を制御する制御手段7とを備え、出力値設定手段は、電池電源の動作点を変動させて複数の動作点での電圧値および電流値をサンプリングし、電圧値と電流値から各動作点での電力値を算出し、電力値と電圧値または電流値に基づく有極の関数式による電圧-電力または電流-電力特性曲線の近似曲線の曲率に応じて設定値の設定方法を選択する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 電池電源と、前記電池電源からの電力を変換して負荷に供給する電力変換手段と、前記電池電源の電圧値を検出する電圧検出手段と、前記電池電源の電流値を検出する電流検出手段と、前記電圧検出手段と前記電流検出手段の検出値に基づいて前記電池電源の出力値を設定するための出力値設定手段と、前記電池電源の出力値が前記出力値設定手段の設定値に一致するように前記電力変換手段を制御する制御手段とを備え、前記出力値設定手段は、前記電池電源の動作点を変動させて複数の動作点での電圧値および電流値をサンプリングし、前記電圧値と前記電流値から各動作点での電力値を算出し、前記電力値と前記電圧値または前記電流値に基づく有極の関数式による電圧-電力または電流-電力特性曲線の近似曲線の曲率に応じて前記設定値の設定方法を選択し、その方法の 1 つとして、前記電力値と前記電圧値または前記電流値とに基づいて前記電池電源からの電力が最大となるように前記設定値を設定するものであることを特徴とする電力制御装置。

【請求項 2】 電池電源と、前記電池電源からの電力を変換して負荷に供給する電力変換手段と、前記電池電源の電圧値を検出する電圧検出手段と、前記電池電源の電流値を検出する電流検出手段と、前記電圧検出手段と前記電流検出手段の検出値に基づいて前記電池電源の出力値を設定するための出力値設定手段と、前記電池電源の出力値が前記出力値設定手段の設定値に一致するように前記電力変換手段を制御する制御手段とを備え、前記出力値設定手段は、前記電池電源の動作点を変動させて複数の動作点での電圧値および電流値をサンプリングし、前記電圧値と前記電流値から各動作点での電力値を算出し、前記電圧値および電流値のうち、同一電圧値での複数の電流値またはこれらから求まる電力値を基に同一電圧値での電流値または電力値の時間的変動値を算出し、前記変動値に基づいて前記各動作点での電流値または電力値を補正し、前記各動作点での前記補正した電力値と前記電圧値または前記補正した電流値に対する有極の関数式による近似曲線の曲率に応じて前記設定値の設定方法を選択し、その方法の 1 つとして、前記各点での前記補正した電力値と前記電圧値または前記補正した電流値に基づいて前記電池電源からの電力が最大となるように前記設定値を設定するものであることを特徴とする電力制御装置。

【請求項 3】 前記出力設定手段は、前記近似曲線が上に凸の場合に、前記 1 つの方法を選択して実行することを特徴とする請求項 1 または 2 記載の電力制御装置。

【請求項 4】 前記有極の関数式が 2 次関数であることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の電力制御装置。

【請求項 5】 前記複数の動作点が 3 点であることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の電力制御装置。

【請求項 6】 前記 1 つの方法は、前記近似曲線の最大

値を設定値として設定するものであることを特徴とする請求項 1～3 記載の電力制御装置。

【請求項 7】 前記設定方法のもう 1 つは、前記各動作点での電力値のうち最大のものを前記設定値として設定するものであることを特徴とする請求項 1～3 記載の電力制御装置。

【請求項 8】 前記出力値設定手段は、前記近似曲線が下に凸の場合に、前回の設定値を今回の設定値として設定する方法を選択し、これを実行することを特徴とする請求項 1～3 記載の電力制御装置。

【請求項 9】 前記出力値設定手段は、前記近似曲線が直線の場合に、前回の設定値を今回の設定値として設定する方法を選択し、これを実行することを特徴とする請求項 1～3 または 8 記載の電力制御装置。

【請求項 10】 前記出力値設定手段は、前記近似曲線が直線の場合に、前記各動作点での電流値または電力値が所定値以下のときは前回の設定値を今回の設定値とし、前記所定値を越える場合は前記電力値が大きくなるように前記設定値を設定する方法を選択し、これを実行することを特徴とする請求項 1～3 記載の電力制御装置。

【請求項 11】 電池電源と、前記電池電源からの電力を変換して負荷に供給する電力変換手段と、前記電池電源の電圧値を検出する電圧検出手段と、前記電池電源の電流値を検出する電流検出手段と、前記電圧検出手段と前記電流検出手段の検出値に基づいて前記電池電源の出力値を設定するための出力値設定手段と、前記電池電源の出力値が前記出力値設定手段の設定値に一致するように前記電力変換手段を制御する制御手段とを備え、前記出力値設定手段は、前記電池電源の動作点を変動させて複数の動作点での電圧値および電流値をサンプリングし、前記電圧値と前記電流値から各動作点での電力値を算出し、前記電力値と前記電圧値または前記電流値に対する有極の関数式による近似曲線の最大値を前記設定値として設定し、この設定値の前回の設定値に対する変動の大きさが所定値以上の場合には変動の大きさが所定値となるように制限して設定値を設定することを特徴とする電力制御装置。

【請求項 12】 電池電源と、前記電池電源からの電力を変換して負荷に供給する電力変換手段と、前記電池電源の電圧値を検出する電圧検出手段と、前記電池電源の電流値を検出する電流検出手段と、前記電圧検出手段と前記電流検出手段の検出値に基づいて前記電池電源の出力値を設定するための出力値設定手段と、前記電池電源の出力値が前記出力値設定手段の設定値に一致するように前記電力変換手段を制御する制御手段とを備え、前記出力値設定手段は、前記電池電源の動作点を変動させて複数の動作点での電圧値および電流値をサンプリングし、前記電圧値と前記電流値から各動作点での電力値を算出し、前記電圧値および電流値のうち、同一電圧値で

の複数の電流値またはこれらから求まる電力値を基に同一電圧値での電流値または電力値の時間的変動値を算出し、前記変動値に基づいて前記各動作点での電流値または電力値を補正し、前記各動作点での前記補正した電力値と前記電圧値または前記補正した電流値に対する有極の関数式による近似曲線において電力が最大となる出力値を前記設定値として設定し、この設定値の前の設定値に対する変動の大きさが所定値以上の場合には変動の大きさが所定値となるように制限して設定値を設定することを特徴とする電力制御装置。

【請求項 1 3】 前記所定値を前記動作点の変動範囲内の値とすることを特徴とする請求項 1 または 1 2 記載の電力制御装置。

【請求項 1 4】 電池電源と、前記電池電源からの電力を変換して負荷に供給する電力変換手段と、前記電池電源の電圧値を検出する電圧検出手段と、前記電池電源の電流値を検出する電流検出手段と、前記電圧検出手段と前記電流検出手段の検出値に基づいて前記電池電源の出力値を設定するための出力値設定手段と、前記電池電源の出力値が前記出力値設定手段の設定値に一致するように前記電力変換手段を制御する制御手段とを備え、前記出力値設定手段は、前記電池電源の動作点を変動させて 3 つの動作点での電圧値および電流値をサンプリングし、前記電圧値と前記電流値から各動作点での電力値を算出し、前記電力値と前記電圧値または前記電流値とに基づいて前記電池電源からの電力が最大となるように前記設定値を設定するが、前記 3 点の動作点のうち 2 点の電力値が同じ場合には前記 2 点の中間の出力値を設定値とすることを特徴とする電力制御装置。

【請求項 1 5】 電池電源と、前記電池電源からの電力を変換して負荷に供給する電力変換手段と、前記電池電源の電圧値を検出する電圧検出手段と、前記電池電源の電流値を検出する電流検出手段と、前記電圧検出手段と前記電流検出手段の検出値に基づいて前記電池電源の出力値を設定するための出力値設定手段と、前記電池電源の出力値が前記出力値設定手段の設定値に一致するように前記電力変換手段を制御する制御手段とを備え、前記出力値設定手段は、前記電池電源の動作点を変動させて 3 つの動作点での電圧値および電流値をサンプリングし、前記電圧値と前記電流値から各動作点での電力値を算出し、前記電圧値および電流値のうち、同一電圧値での複数の電流値またはこれらから求まる電力値を基に同一電圧値での電流値または電力値の時間的変動値を検出し、前記変動値に基づいて前記 3 つの動作点での電流値または電力値を補正し、前記 3 つの動作点での前記補正した電力値と前記電圧値または前記補正した電流値に基づき前記電池電源からの電力が最大となるように前記設定値を設定するが、前記 3 点の動作点のうち 2 点についての前記補正した電力値が同じ場合にはこの 2 点の中間の出力値を設定値とすることを特徴とする電力制御装

置。

【請求項 1 6】 前記 1 つの方法は、前記電力値と前記電圧値または前記電流値に対する有極の関数式による近似曲線の最大値を前記設定値として設定し、この設定値の前の設定値に対する変動の大きさが所定値以上の場合には変動の大きさが所定値となるように制限して設定値を設定するものであることを特徴とする請求項 1 記載の電力制御装置。

【請求項 1 7】 前記複数の動作点は 3 点の動作点であり、前記出力値設定手段は、他の 1 つの方法として、前記 3 点の動作点のうち 2 点の電力値が同じ場合には前記 2 点の中間の出力値を設定値とする方法を選択し、これを実行することを特徴とする請求項 1、請求項 1 1 または 1 6 記載の電力制御装置。

【請求項 1 8】 前記 1 つの方法は、前記各動作点での前記補正した電力値と前記電圧値または前記補正した電流値に対する有極の関数式による近似曲線において電力が最大となる出力値を前記設定値として設定し、この設定値の前の設定値に対する変動の大きさが所定値以上の場合には変動の大きさが所定値となるように制限して設定値を設定するものであることを特徴とする請求項 2 記載の電力制御装置。

【請求項 1 9】 前記複数の動作点は 3 点の動作点であり、前記出力値設定手段は、他の 1 つの方法として、前記 3 点の動作点のうち 2 点の前記補正した電力値が同じ場合には前記 2 点の中間の出力値を設定値とする方法を選択し、これを実行することを特徴とする請求項 2、請求項 1 2 または 1 8 記載の電力制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】本発明は、電力変換装置を有する太陽光発電システムの電力制御方法に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】今日、地球環境に対する意識の高まりから、クリーンなエネルギーを提供する太陽光発電、風力発電等の電池電源システムに大きな期待が寄せられている。例えば、太陽電池を電池電源として使用し、既存の商用交流系統と接続した場合には、商用電力を無限大の負荷と見なし、売電することができることから電池電源システム全体として最も効率良く稼働することが求められている。また、電池電源の効率を向上させてもシステムとして効率が低ければ、全体として利用効率が下がってしまうため、システム全体として効率アップが求められている。

【0 0 0 3】光電変換素子を用いた太陽電池では、その出力は、日射量、温度、動作点電圧などによりかなり変動するため、太陽電池から見た負荷を調整して常に最大の電力を取り出すことが要望される。このため、複数の太陽電池から構成される太陽電池アレイの動作点の電圧や電流を変動させて、そのときの電力変動を調べて太陽

電池アレイの最大電力または最大電力近傍の動作点を追尾する最大電力点追尾制御、いわゆるMPP T制御が提案されている。例えば、特公昭 63-57807号公報に記載される電力の電圧微分値を利用するものや特開昭 62-85312号公報にも記載されている電力変化量が正の方向に探索する、いわゆる山登り法などがある。

【0004】従来は、このような方法を利用して、太陽電池から最大電力を取り出すように電力変換装置などを制御している。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記従来技術は以下のような問題点を有する。太陽電池の複数の動作点における電圧および電流をサンプリングするには、サンプリング周期 T_s により規定される時間を要するので、気象条件の変化の中でも特に変化速度の速い光量変化が電力制御に悪影響を及ぼす場合がある。例えば、山登り法においては、図16（横軸は電圧、縦軸は電力）に示すように、初めの設定電圧が V_1 で電圧変化方向が「増加」と設定されているときに光量が増加すると以下ようになる。

【0006】設定電圧 V_1 、時刻 t_1 でサンプリングされると、動作点①の電圧 V_1 と電流 I_1 が取り込まれ、このときの出力電力 P_1 が算出される。

【0007】次に、設定電圧を V_2 として電圧を変動させる。時刻 t_1 からサンプリング周期 T_s 後の時刻 t_2 でサンプリングを行い、動作点②の電圧 V_2 と電流 I_2 を取り込み、出力電力 P_2 を算出する（白丸は光量が増加しない場合を示す）。

【0008】日射が変動しない場合は、動作点①と白丸から次の電圧変化方向を「減少」する。しかし、時刻 t_1 から時刻 t_2 のサンプリング期間に光量が増加すると、電圧動作点②では時刻 t_2 での $V-P$ 特性曲線から明らかのように本来なら次の電圧変化方向を「減少」とすべき動作点であるにもかかわらず、電力が P_1 から P_2 に増加しているため電圧変化方向を「増加」と決定して、さらに電圧の大きな方へ探索するので瞬時出力効率は低下する。なお、瞬時出力効率とは、ある時刻における最大電力に対する出力電力の割合を表したものである。

【0009】さらに、光量変化により上述と同様に動作電圧が増加し続けると、瞬時出力効率は大きく低下する。これにより、出力効率も低下することは明らかである。なお、出力効率とは、ある期間における最大電力量に対する出力電力量の割合を示したものである。

【0010】上述のように、出力電圧が大きくなる場合の他に、出力電圧が小さくなる場合や出力電圧が変化しない場合も存在する。

【0011】また、太陽電池の出力電圧の急激な変動により、電力変換装置の保護機能が働き、電力変換装置の動作が停止する恐れもある。電力制御装置の誤動作によ

り電力変換装置が停止することは好ましいことではない。

【0012】また、測定データにノイズが乗っている場合には、追尾動作が誤動作する恐れがある。

【0013】以上、山登り法での動作について説明したが、電力の電圧微分値を利用する制御方法でも同様の結果となる。このように、サンプリング中の光量変化により、太陽電池の出力効率の低下やシステム動作の不安定を招く恐れが多分にあり、また、測定データにノイズが乗っている場合にも追尾動作が誤動作する恐れがある。

【0014】また、簡単かつ精密な最適動作点の追尾が望まれる。

【0015】本発明の目的は、このような従来技術の問題点を鑑み、従来の太陽電池の電力制御方法の欠点を補完し、安定的に太陽電池から最大出力を取り出す電力制御装置を提供することにある。また、本発明の他の目的は、簡単かつ精密な電力制御装置を提供することにある。

【0016】

20 【課題を解決するための手段】この目的を達成するため、本発明では、電池電源と、電池電源からの電力を変換して負荷に供給する電力変換手段と、電池電源の電圧値を検出する電圧検出手段と、電池電源の電流値を検出する電流検出手段と、電圧検出手段と電流検出手段の検出値に基づいて電池電源の出力値を設定するための出力値設定手段と、電池電源の出力値が出力値設定手段の設定値に一致するように電力変換手段を制御する制御手段とを備え、出力値設定手段は、電池電源の動作点を変動させて複数の動作点での電圧値および電流値をサンプリングし、電圧値と電流値から各動作点での電力値を算出し、電力値と電圧値または電流値に基づく有極の関数式による電圧-電力または電流-電力特性曲線の近似曲線の曲率に応じて設定値の設定方法を選択し、その方法の1つとして、電力値と電圧値または電流値とに基づいて電池電源からの電力が最大となるように設定値を設定するものであることを特徴とする。

【0017】また、出力値設定手段は、電池電源の動作点を変動させて複数の動作点での電圧値および電流値をサンプリングし、電圧値と電流値から各動作点での電力値を算出し、電圧値および電流値のうち、同一電圧値での複数の電流値またはこれらから求まる電力値を基に同一電圧値での電流値または電力値の時間的変動値を算出し、変動値に基づいて各動作点での電流値または電力値を補正し、各動作点での補正した電力値と電圧値または補正した電流値に対する有極の関数式による近似曲線の曲率に応じて設定値の設定方法を選択し、その方法の1つとして、各点での補正した電力値と電圧値または補正した電流値に基づいて電池電源からの電力が最大となるように設定値を設定するものであることを特徴とする。

50 【0018】また、出力設定手段は、近似曲線が上に凸

の場合に、1つの方法を選択して実行することを特徴とする。

【0019】また、有極の関数式が2次関数であることを特徴とする。

【0020】また、複数の動作点が3点であることを特徴とする。

【0021】また、1つの方法は、近似曲線の最大値を設定値として設定するものであることを特徴とする。

【0022】また、設定方法のもう1つは、各動作点での電力値のうち最大のものを設定値として設定するものであることを特徴とする。

【0023】また、出力値設定手段は、近似曲線が下に凸の場合に、前回の設定値を今回の設定値として設定する方法を選択し、これを実行することを特徴とする。

【0024】また、出力値設定手段は、近似曲線が直線の場合に、前回の設定値を今回の設定値として設定する方法を選択し、これを実行することを特徴とする。

【0025】また、出力値設定手段は、近似曲線が直線の場合に、各動作点での電流値または電力値が所定値以下のときは前回の設定値を今回の設定値とし、所定値を越える場合は電力値が大きくなるように設定値を設定する方法を選択し、これを実行することを特徴とする。

【0026】また、出力値設定手段は、電池電源の動作点を変動させて複数の動作点での電圧値および電流値をサンプリングし、電圧値と電流値から各動作点での電力値を算出し、電力値と電圧値または電流値に対する有極の関数式による近似曲線の最大値を設定値として設定し、この設定値の前回の設定値に対する変動の大きさが所定値以上の場合には変動の大きさが所定値となるように制限して設定値を設定することを特徴とする。

【0027】また、出力値設定手段は、電池電源の動作点を変動させて複数の動作点での電圧値および電流値をサンプリングし、電圧値と電流値から各動作点での電力値を算出し、電圧値および電流値のうち、同一電圧値での複数の電流値またはこれらから求まる電力値を基に同一電圧値での電流値または電力値の時間的変動値を算出し、変動値に基づいて各動作点での電流値または電力値を補正し、各動作点での補正した電力値と電圧値または補正した電流値に対する有極の関数式による近似曲線において電力が最大となる出力値を設定値として設定し、この設定値の前回の設定値に対する変動の大きさが所定値以上の場合には変動の大きさが所定値となるように制限して設定値を設定することを特徴とする。

【0028】また、所定値を動作点の変動範囲内の値とすることを特徴とする。

【0029】また、出力値設定手段は、電池電源の動作点を変動させて3つの動作点での電圧値および電流値をサンプリングし、電圧値と電流値から各動作点での電力値を算出し、電力値と電圧値または電流値とに基づいて電池電源からの電力が最大となるように設定値を設定す

るが、3点の動作点のうち2点の電力値が同じ場合には2点の中間の出力値を設定値とすることを特徴とする。

【0030】また、出力値設定手段は、電池電源の動作点を変動させて3つの動作点での電圧値および電流値をサンプリングし、電圧値と電流値から各動作点での電力値を算出し、電圧値および電流値のうち、同一電圧値での複数の電流値またはこれらから求まる電力値を基に同一電圧値での電流値または電力値の時間的変動値を検出し、変動値に基づいて3つの動作点での電流値または電力値を補正し、3つの動作点での補正した電力値と電圧値または補正した電流値に基づき電池電源からの電力が最大となるように設定値を設定するが、3点の動作点のうち2点についての補正した電力値が同じ場合にはこの2点の中間の出力値を設定値とすることを特徴とする。

【0031】また、1つの方法は、電力値と電圧値または電流値に対する有極の関数式による近似曲線の最大値を設定値として設定し、この設定値の前回の設定値に対する変動の大きさが所定値以上の場合には変動の大きさが所定値となるように制限して設定値を設定するものであることを特徴とする。

【0032】また、複数の動作点は3点の動作点であり、出力値設定手段は、他の1つの方法として、3点の動作点のうち2点の電力値が同じ場合には2点の中間の出力値を設定値とする方法を選択し、これを実行することを特徴とする。

【0033】また、1つの方法は、各動作点での補正した電力値と電圧値または補正した電流値に対する有極の関数式による近似曲線において電力が最大となる出力値を設定値として設定し、この設定値の前回の設定値に対する変動の大きさが所定値以上の場合には変動の大きさが所定値となるように制限して設定値を設定するものであることを特徴とする。

【0034】さらに、複数の動作点は3点の動作点であり、出力値設定手段は、他の1つの方法として、3点の動作点のうち2点の補正した電力値が同じ場合には2点の中間の出力値を設定値とする方法を選択し、これを実行することを特徴とする。

【0035】

【作用】本発明の電力制御方法では、サンプリングされたデータの電圧-電力特性曲線または電流電力特性曲線に注目し、この特性曲線が上に凸となる場合、下に凸の場合あるいは直線になる場合に応じてサンプリングされたデータの正常・異常を判断し、それぞれの場合に応じて動作点を設定する。電圧-電力特性曲線が上に凸となる場合はデータ正常と見なし、通常のMPPT制御を行い、下に凸となる場合はデータ異常と見なし、前回の動作点を再設定する。また、電圧-電力特性曲線が直線になる場合はデータ異常と見なし、前回の動作点を再設定、あるいは最大電力点の出力値を設定する。このように、電圧-電力特性曲線の曲率に注目することにより、

日射変動やノイズ混入などの影響によるデータ異常を判断するため、誤動作が抑制される。

【0036】また、同じ電圧での電流信号の変化量または電力値の変化量からサンプリング中の日射変動を推定し、電流信号もしくは電力値を補正することで、日射変動の影響を排除した同一時刻、同一電圧-電流特性曲線上の動作点に相当するデータが得られる。すなわち、これらの補正したデータの電圧-電力特性曲線または電流-電力特性曲線に注目して上述のように出力値を設定することにより、さらに日射変動の影響が排除される。

【0037】また、サンプリングされあるいはさらに補正されたデータに基づいて電圧-電力特性曲線を2次曲線等で近似して電力が極大値（最大値）となる電圧値を算出し、算出された電圧値が所定値以内の変動ならそのまま動作点を設定し、算出された電圧値が所定値を越えた変動をする場合は、変動を所定値に制限して動作点を設定することにより、日射変動やノイズ混入などによる誤動作を抑制する。

【0038】また、サンプリングされあるいはさらに補正されたデータのうち、2点の動作点の電力値が等しい場合には、2点の電圧値の中間の値を設定電圧とすることで、少ない計算で最適動作点が精密に追尾できる。

【0039】

【実施例】以下、図面を用いて本発明の実施例を説明する。

【0040】【実施例1】図1は、本発明の一実施例に係る電力制御装置を用いた太陽光発電システムの構成を示す図である。図中、電池電源1の直流電力は、電力変換装置2において電力変換され、負荷3に供給される。

【0041】電池電源1としては、アモルファスシリコン、微結晶シリコン、多結晶シリコン、単結晶シリコン、あるいは化合物半導体などを用いた太陽電池がある。通常は、複数の太陽電池モジュールを直並列に組み合わせ、所望の電圧および電流が得られるようにアレイを構成する。

【0042】電力変換装置2としては、パワートランジスタ、パワーMOSFET、IGBT、GTOなどの自己消弧型スイッチングデバイスを用いたDC/DCコンバータ、自励式電圧型DC/ACインバータなどがある。この電力変換装置2は、ゲートパルスのオン/オフデューティ比を変えることで電力潮流、入出力電圧、出力周波数などを制御できる。

【0043】負荷3としては、電熱負荷や電動機負荷あるいは商用交流系統およびそれらの組み合わせなどがある。負荷3が商用交流系統の場合は、系統連系太陽光発電システムと呼ばれており、系統に投入され得る電力は制限されないで、電池電源1からより多くの電力を取り出す本発明が適用される対象として非常に好ましい。

【0044】電池電源1の出力電圧および出力電流は、通常用いられる電圧検出手段4および電流検出手段5で

サンプリングを行い、デジタルデータとして検出された電圧信号が出力電圧設定手段6および制御手段7に入力され、電流信号は出力電圧設定手段6に入力される。

【0045】出力電圧設定手段6は、検出され記憶された電圧信号および電流信号を基に、電圧設定値を決定する。出力電圧設定手段6は、制御用マイクロコンピュータであり、CPU、RAM、ROM、I/Oなどで構成される。

【0046】制御手段7は、電力変換手段2の出力制御回路とゲート駆動回路である。例えば、出力電圧設定手段6からの電圧設定値と電圧検出手段4からの電圧信号との偏差である電圧誤差信号が入力され、これが零となるように制御するPI制御回路と、PI制御回路からの出力に応じて三角波比較方式や瞬時電流追従制御などによりゲート駆動用のPWMパルスを生成するPWM回路などからなる。これにより、電力変換装置2のオン/オフデューティ比を制御して、太陽電池の出力電圧を制御する。

【0047】次に、図2、図3および図4を用いて本発明の電力制御装置において最大電力が得られる動作点の探索について説明する。図3は、横軸が電圧、縦軸が電力を示しており、電圧-電力出力特性曲線を示している。また、図4に本実施例に係るフローチャートが示されている。

【0048】MPPT制御を開始すると、出力電圧設定手段6は、まず、前回の探索で設定された動作点でサンプリングを行い、太陽電池の動作点①の電圧V1および電流I1を読み込む（ステップS1）。

【0049】動作点① …電圧V1、電流I1

次に、動作点の電圧をV2（ $=V1+dV$ ）に設定して（ステップS2）、動作点②の電圧V2および電流I2を読み込む（ステップS3）。

【0050】動作点② …電圧V2、電流I2

次に、動作点の電圧をV3（ $=V1-dV$ ）に設定して（ステップS4）、動作点③の電圧V3および電流I3を読み込む（ステップS5）。

【0051】動作点③ …電圧V3、電流I3

以上の動作点①、②および③の3点のデータに基づいて電力値P1～P3を算出する（ステップS6）。

【0052】動作点① …電圧V1、電力P1

動作点② …電圧V2、電力P2

動作点③ …電圧V3、電力P3

次に、動作点①、②および③の3点のデータから、以下のようにして次の動作電圧を決定する。

【0053】まず、これらデータに基づいて得られる、電圧-電力特性曲線の2次関数による近似曲線の曲率に注目する。この近似曲線が上に凸の場合にはデータが正しいと判断し、上に凹または直線の場合にはデータが異常と判断する。この際、近似曲線の凸凹は、 $C = (2 \times P1) - P2 - P3$ より算出されるCの正負により判断

すれば良い(ステップS7)。例えば、図2(1)、(2)および(3)に示すように、上に凸のような場合では、 $P1 > (P2 + P3) / 2$ 、つまり、 $C = (2 \times P1) - P2 - P3 > 0$ となる。図2(4)、(5)および(6)に示すように、上に凹のような場合では、 $P1 < (P2 + P3) / 2$ 、つまり、 $C = (2 \times P1) - P2 - P3 < 0$ となる。また、図2(7)、(8)および(9)に示すように、直線となる場合では、 $P1 = (P2 + P3) / 2$ 、つまり、 $C = (2 \times P1) - P2 - P3 = 0$ となる。これより、 $C > 0$ ならデータ正常、 $C \leq 0$ ならデータ異常と判断して、次のステップに移る(ステップS8)。

【0054】データ正常($C > 0$)と判断した場合は、以下のようにして次の動作電圧を決定する。

【0055】電圧-電力出力特性曲線を、動作点①、②および③の電圧値および電力値に基づいて2次曲線により近似する。通常、狭い範囲の曲線近似は2次曲線で近似される。また、3点のデータから2次曲線近似を行うので、近似する2次曲線は一意に定まる。つまり、 $P = aV^2 + bV + c$ (ただし、 a 、 b 、 c は係数)に電圧および電力の値を代入して、以下の3元連立方程式を得る。

【0056】

$$P1 = aV1^2 + bV1 + c$$

$$P2 = aV2^2 + bV2 + c$$

$$P3 = aV3^2 + bV3 + c$$

これらを解くことで、係数 a 、 b および c が求まる。この近似的に得られた電圧-電力出力曲線で電力が最大となる電圧を選ぶ。すなわち、近似した2次曲線上で極値となる点の電圧を $V = -b / 2a$ のように設定する。

【0057】ところで、探索の電圧変化幅は、 $(V2 - V1) = (V1 - V3) = dV$ と一定間隔なので、結局、設定電圧は $V = V1 + dV / 2 \times \{(P2 - P3) / (2 \times P1 - P2 - P3)\}$ のように簡単な式で表される。

【0058】さらに、 $C = (2 \times P1) - P2 - P3$ であるから、 $V = V1 + dV / 2 \times \{(P2 - P3) / C\}$ となる。この式より、設定電圧値 V を算出し(ステップS9)、動作電圧をこの設定電圧値 V に設定する(ステップS10)。

【0059】一方、ステップS8において、データ異常($C \leq 0$)と判断した場合には、異常なデータでは最大出力が得られる正しい動作電圧値を追跡できずに誤動作する恐れがあるので、前回の探索時に設定した $V1$ を再び設定電圧値 V とする(ステップS11)。そして、動作電圧を設定電圧値 V に設定する(ステップS10)。

【0060】以上の動作を繰り返すことで、最大電圧が取り出せる動作点を追従することができる。

【0061】このように、電圧-電力特性曲線の曲率に注目し、上に凹および直線なら測定データへのノイズ混

入などによる異常データと判断し、最適動作点探索を中断して探索誤動作の発生を防いで、誤動作による効率低下を抑制する。これに対して、上に凸なら正常データと判断し、最適動作点探索を継続して最大出力となるように制御する。これにより、太陽電池から最大電力を取り出すことができ、システムを高効率に運用できる。

【0062】[実施例2] 本発明の第2の実施例に係る電力制御方法を用いた太陽光発電システムは、実施例1と同様に図1のように構成される。以下、図5および図6を用いて実施例1とは異なる電力制御方法について説明する。図5は、横軸が電圧、縦軸が電力を示しており、各時刻における電圧-電力出力特性曲線を示している。

【0063】MPPT制御を開始すると、出力電圧設定手段6は、まず、前回の探索で設定された動作点で時刻 $t1$ にサンプリングを行い、太陽電池の動作点①の電圧 $V1$ および電流 $I1$ を読み込む(ステップS21)。

【0064】動作点① …電圧 $V1$ 、電流 $I1$
次に、動作点の電圧を $V2 (= V1 + dV)$ に設定して(ステップS22)、次のサンプリング時刻 $t2 (= t1 + Ts)$ における動作点②の電圧 $V2$ および電流 $I2$ を読み込む(ステップS23)。

【0065】動作点② …電圧 $V2$ 、電流 $I2$
次に、動作点の電圧を $V3 (= V1 - dV)$ に設定して(ステップS24)、サンプリング時刻 $t3 (= t2 + Ts)$ における動作点③の電圧 $V3$ および電流 $I3$ を読み込む(ステップS25)。

【0066】動作点③ …電圧 $V3$ 、電流 $I3$
次に、動作点の電圧を再び $V1$ に設定し(ステップS26)、次のサンプリング時刻 $t4 (= t3 + Ts)$ における動作点④の電圧 $V1$ および電流 $I4$ を読み込む(ステップS27)。

【0067】動作点④ …電圧 $V1$ 、電流 $I4$
以上の動作点①、②、③および④の4点のデータに基づいて電力値 $P1 \sim P4$ を算出する(ステップS28)。

【0068】動作点① …電圧 $V1$ 、電力 $P1$

動作点② …電圧 $V2$ 、電力 $P2$

動作点③ …電圧 $V3$ 、電力 $P3$

動作点④ …電圧 $V1$ 、電力 $P4$

ここで、同一電圧値 $V1$ での電力値の差 dP を算出して(ステップS29)、これより日射変動を推定する。すなわち、太陽電池の出力電流もしくは出力電圧は、同一の出力電圧であれば、日射変動に対してほぼ比例するという特徴を持っているので、同一電圧での電力差は、その間の日射の変化量を表す情報である。つまり、電力差 dP 、時刻 $t1$ から時刻 $t4$ までの期間の日射の変化量を表している。

【0069】そこで、日射変化の情報である dP を用いて、データを補正する。通常のサンプリング周期 Ts は $1/30 \text{ sec}$ 程度の短い時間なので、時刻 $t1$ から時

刻 t_4 までの日射の変化速度は同じと見なして良い。また、最大出力が得られる動作点付近では、電圧 V_1 と V_2 または V_3 での出力電圧の差はわずかであり、サンプリング周期 T_s 程度の時間における日射変動による出力電力の変化速度は、動作電圧が V_1 と V_2 または V_3 では同じと見なすことができる。

【0070】よって、動作電圧 V_2 である時刻 t_2 での電力値 P_2 を、動作電圧 V_2 の時刻 t_4 での電力値 P_2' に補正するには、時刻 t_2 から時刻 t_4 までの日射の変化分に相当する電力変化分 $dP \times (2/3)$ を P_2 に加えてやれば良い(ステップS30)。

【0071】 $P_2' = P_2 + dP \times (2/3)$

この補正された動作点を図5の②'に示す。

動作点②' ...電圧 V_2 、電力 P_2'

また、動作電圧 V_3 である時刻 t_3 での電力値 P_3 を、動作電圧 V_3 の時刻 t_4 での電力値 P_3' に補正するには、時刻 t_3 から時刻 t_4 までの日射の変化分に相当する電力変化分 $dP \times (1/3)$ を P_3 に加えてやれば良い(ステップS31)。

【0072】 $P_3' = P_3 + dP \times (1/3)$

この補正された動作点を図5の③'に示す。

動作点③' ...電圧 V_3 、電力 P_3'

次に、動作点④、②'および③'の3点のデータから、以下のようにして次の動作電圧を決定する。まず、近似する2次曲線の曲率に注目する。近似する2次曲線が上に凸の場合にはデータが正しいと判断し、上に凹または直線の場合にはデータが異常と判断する。この際、動作点④、②'および③'のサンプリング値より近似する2次曲線の凸凹のみにより判断するので、 $C = (2 \times P_4) - P_2' - P_3'$ より算出される C の正負により判断すれば良い(ステップS32)。例えば、図2

(1)、(2)および(3)に示すように、上に凸のような場合では、 $P_4 > (P_2' + P_3') / 2$ 、つまり、 $C = (2 \times P_4) - P_2' - P_3' > 0$ となる。図2(4)、(5)および(6)に示すように、上に凹のような場合では、 $P_4 < (P_2' + P_3') / 2$ 、つまり、 $C = (2 \times P_4) - P_2' - P_3' < 0$ となる。また、図2(7)、(8)および(9)に示すように、直線となる場合では、 $P_4 = (P_2' + P_3') / 2$ 、つまり、 $C = (2 \times P_4) - P_2' - P_3' = 0$ となる。これより、 $C > 0$ なら正常、 $C \leq 0$ ならデータ異常と判断して、次のステップに移る(ステップS33)。

【0073】次に、データ正常($C > 0$)と判断した場合は、以下のようにして次の動作電圧を決定する。電圧電力出力特性曲線を、動作点④、②'および③'の電圧値および電力値を基に2次曲線により近似する。通常、狭い範囲の曲線近似は2次曲線で近似される。また、3点のデータで2次曲線近似を行うので、近似する2次曲線は一意に定まる。つまり、 $P = aV^2 + bV + c$ (ただし、 a 、 b 、 c は係数)に、電圧値および電力値の値

を代入して、以下の3元連立方程式を得る。

【0074】

$$P_4 = aV_1^2 + bV_1 + c$$

$$P_2' = aV_2^2 + bV_2 + c$$

$$P_3' = aV_3^2 + bV_3 + c$$

これらを解くことで、係数 a 、 b および c が求まる。この近似的に得られた電圧-電力出力特性曲線で電力が最大となる電圧を選ぶ。すなわち、近似した2次曲線上で極値となる点の電圧を $V = -b/2a$ のように設定する。ところで、探索の電圧変化幅は、 $(V_2 - V_1) = (V_1 - V_3) = dV$ と一定間隔なので、結局、設定電圧は $V = V_1 + dV/2 \times \{(P_2' - P_3') / (2 \times P_4 - P_2' - P_3')\}$ のように簡単な式で表される。

【0075】ここで、 $C = (2 \times P_1) - P_2' - P_3'$ であるから、 $V = V_1 + dV/2 \times \{(P_2' - P_3') / C\}$ となる。この式より、設定電圧値 V を算出し(ステップS34)、動作電圧をこの設定電圧値 V に設定する(ステップS35)。

【0076】一方、ステップS28において、データ異常($C \leq 0$)と判断した場合には、異常なデータでは最大出力が得られる正しい動作電圧値を追跡できずに誤動作する恐れがあるので、前回の探索時に設定した V_1 を再び設定電圧値 V とする(ステップS36)。そして、動作電圧を設定電圧値 V に設定する(ステップS35)。

【0077】以上の動作を繰り返すことで、最大電力が取り出せる動作点を追従することができる。

【0078】このように、同一電圧の電力値から日射変動を推定しデータを補正することにより、同一時刻、同一出力特性曲線上でのデータが得られるとともに、補正されたデータより電圧-電力特性曲線の曲率に注目し、上に凹および直線なら測定データへのノイズ混入などによる異常データと判断し、最適動作点探索を中断して探索誤動作の発生を防いで、日射変動やノイズ混入などが原因となる誤動作による効率低下を抑制する。これに対して、上に凸なら正常データと判断し、最適動作点探索を継続して最大出力となるように制御する。これにより、太陽電池から最大電力を取り出すことができ、システムを高効率に運用できる。

【実施例3】本発明の第3の実施例に係る電力制御方法を用いた太陽光発電システムは、上述の実施例と同様に図1のように構成される。以下、図7および図8を用いて上述の実施例と異なる電力制御方法について説明する。図7は、横軸が電圧、縦軸が電力を示している。また、図8に本実施例のフローチャートが示されている。MPPT制御を開始すると、出力電圧設定手段6は、まず、前回の探索で設定された動作点でサンプリングを行い、太陽電池の動作点①の電圧 V_1 および電流 I_1 を読み込む(ステップ41)。

【0079】動作点① …電圧V1、電流I1

次に、動作点の電圧をV2 ($=V1 + dV$) に設定して (ステップS42)、動作点②の電圧V2および電流I2を読み込む (ステップS43)。

【0080】動作点② …電圧V2、電流I2

次に、動作点の電圧をV3 ($=V1 - dV$) に設定して (ステップS44)、動作点③の電圧V3および電流I3を読み込む (ステップS45)。

【0081】動作点③ …電圧V3、電流I3

以上の動作点①、②および③の3点のデータに基づいて 10 電力値P1~P3を算出する (ステップS46)。

【0082】動作点① …電圧V1、電力P1

動作点② …電圧V2、電力P2

動作点③ …電圧V3、電力P3

次に、動作点①、②および③の3点のデータから、以下のようにして次の動作電圧を決定する。

【0083】まず、3点より近似されるであろう特性曲線の曲率に注目する。近似する特性曲線が上に凸の場合にはデータが正しいと判断し、上に凹または直線の場合にはデータが異常と判断する。この際、近似する特性曲線の凸凹のみにより判断するので、 $C = (2 \times P1) - P2 - P3$ より算出されるCの正負により判断すればよい (ステップS47)。例えば、図2(1)、(2)および(3)に示すように、上に凸のような場合では、 $P1 > (P2 + P3) / 2$ 、つまり、 $C = (2 \times P1) - P2 - P3 > 0$ となる。図2(4)、(5)および(6)に示すように、上に凹のような場合では、 $P1 < (P2 + P3) / 2$ 、つまり、 $C = (2 \times P1) - P2 - P3 < 0$ となる。また、図2(7)、(8)および(9)に示すように、直線となる場合では、 $P1 = (P2 + P3) / 2$ 、つまり、 $C = (2 \times P1) - P2 - P3 = 0$ となる。これより、 $C > 0$ ならデータ正常、 $C \leq 0$ ならデータ異常と判断して、次のステップに移る (ステップS48)。

【0084】ステップ48において、データ正常 ($C \geq 0$) と判断した場合は、動作点①、②および③のうち最大電力値Pi ($i=1, 2, 3$) となる動作点の電圧値Vi ($i=1, 2, 3$) を設定電圧値Vとする (ステップS49)。そして、動作電圧をこの設定電圧値Vに設定する (ステップS50)。

【0085】一方、ステップS48において、データ異常 ($C < 0$) と判断した場合には、異常なデータでは最大出力が得られる正しい動作電圧値を追跡できず誤動作する恐れがあるので、前回の探索時に設定したV1を再び設定電圧値Vとする (ステップS51)。そして、動作電圧を設定電圧値Vに設定する (ステップS50)。

【0086】以上の動作を繰り返すことで、最大電力が取り出せる動作点を追従することができる。

【0087】このように、電圧-電力特性曲線の曲率に 50

注目し、上に凹なら測定データへのノイズ混入などによる異常データと判断し、最適動作点探索を中断して探索誤動作の発生を防いで、誤動作による効率低下を抑制する。これに対して、上に凸または直線なら正常データと判断し、最適動作点探索を継続して最大出力となるように制御する。これにより、太陽電池から最大電力を取り出すことができ、システムを高効率に運用できる。

【0088】〔実施例4〕本発明の第4の実施例に係る電力制御方法を用いた太陽光発電システムは、上述の実施例と同様に図1のように構成される。以下、図9および図10を用いて上述の実施例と異なる電力制御方法について説明する。図9は、横軸が電圧、縦軸が電力を示している。また、図10に本実施例のフローチャートが示されている。

【0089】図10のフローチャートのステップS68までは、実施例1と同様であり、詳細な説明は省略する。以下、異なる部分について説明する。

【0090】図9に示すように、上に凸となるような測定データでは、ステップS68において、曲率のチェックを行い $C > 0$ の場合はデータ正常と判断して、以下のようにして次の動作電圧を決定する。

【0091】電圧-電力出力特性曲線を、動作点①、②および③の電圧値および電力値に基づいて2次曲線により近似する方法は、実施例1と同様なので設定電圧は、 $V = V1 + dV / 2 \times \{ (P2 - P3) / C \}$ となる。ここで次の動作点の電圧が動作点①の電圧V1から移動する量に着目し、移動量Vmoveを算出する (ステップS69)。

【0092】

$$V_{move} = dV / 2 \times \{ (P2 - P3) / C \}$$

ここで、移動量Vmoveについて吟味する。ステップS68においては、曲率のチェックからはデータ正常と判断されるが、図9のように、動作点①のサンプリング時にノイズ成分の影響を受けて正しいデータが得られない場合がある。本来なら最大電力が得られる電圧はV1付近であるのに、移動量Vmoveほど移動させる動作点(a)はV1から離れており、最大出力より大きく出力が低下してしまう。そこで、移動量Vmoveを以下のように制限する。

40 【0093】ステップS70において、移動量Vmoveが+dV以下であるか否かを判断する。移動量Vmoveが+dV以下の場合は、ステップS71へ進み、移動量Vmoveが-dV以上であるか否かを判断する。ステップS71において、移動量Vmoveが+dV以下の場合は、ステップS72へ進む。

【0094】一方、ステップS70において、移動量Vmoveが+dV以下でない、すなわち+dVを越える場合と判断した場合は、ステップS75へ進み、移動量Vmoveを+dVに制限する。その後、ステップS72へ進む。また、ステップS71において、移動量Vmov

17

e が $-dV$ 以上でない、すなわち $-dV$ 未満と判断した場合は、ステップ S 76 へ進み、移動量 V_{move} を $-dV$ に制限する。その後、ステップ S 72 へ進む。

【0095】このようにして得られた移動量 V_{move} を基準電圧 V_1 に加えて、設定電圧値 V を算出する（ステップ S 72）。

【0096】 $V = V_1 + V_{move}$

そして、動作電圧を設定電圧値 V に設定する（ステップ S 73）。

【0097】一方、ステップ S 68 において、データ異常 ($C \leq 0$) と判断した場合には、異常なデータでは最大出力が得られる正しい動作電圧値を追跡できずに誤動作する恐れがあるので、前回の探索時に設定した V_1 を再び設定電圧値 V とする（ステップ S 74）。そして、動作電圧を設定電圧値 V に設定する（ステップ S 73）。

【0098】以上の動作を繰り返すことで、最大電力が取り出せる動作点を追従することができる。

【0099】なお、起動直後等の動作点が最大電力点から離れている場合においても、このような移動量の制限がかかる場合もあるが、その場合でも、変化幅 dV ずつ最大電力点へ近づき、同様な動作を何回か繰り返すことで最大電力点へ到達できることはいうまでもない。

【0100】このように、電圧-電力特性曲線の曲率に注目し、上に凹または直線なら測定データへのノイズ混入などによる異常データと判断し、最適動作点探索を中断して探索誤動作の発生を防いで、誤動作による効率低下を抑制する。これに対して、上に凸なら正常データと判断し、最適動作点探索を継続して最大出力となるように制御する。また、上に凸の場合でも、移動量が所定値より大きい場合は、移動量の大きさを所定値に制限して動作点を設定することで、測定データへのノイズ混入時の探索誤動作による効率低下を防ぐ。これにより、太陽電池から最大電力を取り出すことができ、システムを高効率に運用できる。

【0101】なお、本実施例では移動量の制限幅を探索動作時の変化幅 dV と同じとしているが、これに限定されるものではない。

【0102】【実施例 5】本発明の第 5 の実施例に係る電力制御方法を用いた太陽光発電システムは、上述の実施例と同様に図 1 のように構成される。以下、図 11 および図 12 を用いて上述の実施例と異なる電力制御方法について説明する。図 11 は、横軸が電圧、縦軸が電力を示している。また、図 12 に本実施例のフローチャートが示されている。図 12 のフローチャートのステップ S 93 までは、実施例 2 と同様であり、詳細な説明は省略する。以下、異なる部分について説明する。

【0103】図 11 に示すように、上に凸となるような測定データでは、ステップ S 93 において、曲率のチェックを行い、 $C > 0$ の場合はデータ正常と判断し、以下

18

のようにして次の動作電圧を決定する。

【0104】電圧電力出力特性曲線を、動作点④、②および③の電圧値および電力値に基づいて 2 次曲線により近似する方法は、実施例 2 と同様なので設定電圧は、 $V = V_1 + dV / 2 \times \{ (P_2 - P_3) / C \}$ となる。ここで、次の動作点の電圧が動作点①の電圧 V_1 から移動する量に着目し、移動量 V_{move} を算出する（ステップ S 94）。

【0105】

$V_{move} = dV / 2 \times \{ (P_2 - P_3) / C \}$

次に、移動量 V_{move} について吟味する。ステップ S 93 においては、曲率のチェックからデータ正常と判断されるが、図 11 に示すように、動作点③のサンプリング時にノイズ成分の影響を受けて正しいデータが得られず、日射変動分を補正した後の動作点③も正しいデータが得られない場合がある。本来なら最大電力が得られる電圧は V_1 付近であるのに、移動量 V_{move} ほど移動させる動作点 (a) は V_1 から離れており、最大出力より大きく出力が低下してしまう。そこで、移動量 V_{move} を以下のように制限する。

【0106】ステップ S 95 において、移動量 V_{move} が $+dV \times 2$ 以下であるか否かを判断する。移動量 V_{move} が $+dV \times 2$ 以下の場合は、ステップ S 96 へ進み、移動量 V_{move} が $-dV \times 2$ 以上であるか否かを判断する。ステップ S 96 において、移動量 V_{move} が $-dV \times 2$ 以上の場合は、ステップ S 97 へ進む。

【0107】一方、ステップ S 95 において、移動量 V_{move} が $+dV \times 2$ 以下でない、すなわち $+dV \times 2$ を越えると判断した場合は、ステップ S 100 へ進み、移動量 V_{move} を $+dV \times 2$ に制限する。その後、ステップ S 97 へ進む。

【0108】また、ステップ S 96 において、移動量 V_{move} が $-dV \times 2$ 以上でない、すなわち $-dV \times 2$ 未満と判断した場合は、ステップ S 101 へ進み、移動量 V_{move} を $-dV \times 2$ に制限する。その後、ステップ S 97 へ進む。

【0109】このようにして得られた移動量 V_{move} を基準電圧 V_1 に加えて、設定電圧値 V を算出する（ステップ S 97）。

$V = V_1 + V_{move}$

そして、動作電圧を設定電圧値 V に設定する（ステップ S 98）。

【0110】一方、ステップ S 93 において、データ異常 ($C \leq 0$) と判断した場合には、異常なデータでは最大出力が得られる正しい動作電圧値を追跡できずに誤動作する恐れがあるので、前回の探索時に設定した V_1 を再び設定電圧値 V とする（ステップ S 99）。そして、動作電圧を設定電圧値 V に設定する（ステップ S 98）。

【0111】以上の動作を繰り返すことで、最大電力が

取り出せる動作点を追従することができる。

【0112】なお、起動直後等の動作点が最大電力点から離れている場合においても、このような移動量の制限がかかる場合もあるが、その場合でも、変化幅 dV ずつ最大電力点へ近づき、同様な動作を何回か繰り返すことで最大電力点へ到達できることはいうまでもない。

【0113】このように、同一電圧の電力値から日射変動を制定し、データを補正することにより、同一時刻、同一出力特性曲線上でのデータが得られるとともに、補正されたデータより電圧-電力特性曲線の曲率に注目し、上に凹または直線なら測定データへのノイズ混入などによる異常データと判断し、最適動作探索を中断して探索誤動作の発生を防いで、誤動作による効率低下を抑制する。これに対して、上に凸なら正常データと判断し、最適動作点探索を継続して最大出力となるように制御する。また、上に凸の場合でも、移動量が所定値より大きい場合は、移動量の大きさを所定値に制限して動作点を設定することで、測定データへのノイズ混入時の探索誤動作による効率低下を防ぐ。

【0114】これにより、太陽電池から最大電力を取り出すことができ、システムを高効率に運用できる。

【0115】なお、本実施例では移動量の制限幅を探索動作時の変化幅 dV の 2 倍の値としているが、これに限定されるものではない。

【0116】〔実施例 6〕本発明の第 6 の実施例に係る電力制御方法を用いた太陽光発電システムは、上述の実施例と同様に図 1 のように構成される。以下、図 13 および図 14 を用いて上述の実施例と異なる電力制御方法について説明する。図 13 は、横軸が電圧、縦軸が電力を示している。また、図 14 に本実施例のフローチャートが示されている。図 14 のフローチャートのステップ S121 までは、実施例 2 および実施例 5 と同様であり、詳細な説明は省略する。また、ステップ S125 からステップ S131 およびステップ S135 からステップ S137 の部分は、実施例 5 のステップ S92 からステップ S99 の部分と同じであり、曲率チェックおよび 2 次曲線近似を用いた動作電圧の設定を行っている。以下、異なる部分を中心に説明する。

【0117】ステップ S121 までで得られた日射変動分が補正された動作点④、②' および③' の電力値に注目する。動作点④の電力値 P_4 と動作点②' の電力値 $P_{2'}$ を比較する (ステップ S122)。もし、図 13 (1) に示すように、 P_4 と $P_{2'}$ が等しければ、ステップ S132 へ進む。

【0118】ここで、3 点の電圧間隔が等しく、そのうちの 2 点の電力値が等しい 3 つの動作点を 2 次曲線で近似する場合の設定電圧 V を考える。図 13 (1) に示すように、 $P_4 = P_{2'}$ の場合では、 $V = V_1 + dV/2$ となる。つまり、 V_1 と V_2 の中間の電圧が設定電圧となる。図 13 (2) に示すように、 $P_4 = P_{3'}$ の場合

では、 $V = V_1 - dV/2$ となる。つまり、 V_1 と V_3 の中間の電圧が設定電圧となる。そして、図 13 (3) に示すように、 $P_{2'} = P_{3'}$ の場合では、 $V = V_1$ となる。つまり、 V_2 と V_3 の中間の電圧が設定電圧となる。すなわち、2 次曲線近似において、3 点の電圧間隔が等しく、そのうちの 2 点の電力値が等しければ、その電力値が等しい 2 点の中間の電圧値が設定電圧となる。

【0119】このことを利用して、動作点④の電圧値 V_1 と動作点②' の電圧値 V_2 の中間の電圧を設定電圧値 V とする (ステップ S132)。

$$V = (V_1 + V_{2'}) / 2$$

なお、上式の代わりに $V = V_1 + dV/2$ を用いてもよいことは、上記説明から明らかである。そして、動作電圧をこの設定電圧値 V に設定する (ステップ S131)。

【0120】ステップ S122 において、動作点④の電力値 P_4 と動作点②' の電力値 $P_{2'}$ が等しくないと判断した場合は、ステップ S123 へ進む。そして、動作点④の電力値 P_4 と動作点③' の電力値 $P_{3'}$ を比較する (ステップ S123)。もし、図 13 (2) に示すように、 P_4 と $P_{3'}$ が等しければ、ステップ S133 へ進む。

【0121】上述と同様に、動作点④の電圧値 V_1 と動作点③' の電圧値 V_3 の中間の電圧を設定電圧値 V とする (ステップ S133)。

$$V = (V_1 + V_{3'}) / 2$$

なお、上式の代わりに $V = V_1 - dV/2$ を用いてもよいことは、上記説明から明らかである。そして、動作電圧をこの設定電圧値 V に設定する (ステップ S131)。

【0123】ステップ S123 において、動作点④の電力値 P_4 と動作点③' の電力値 $P_{3'}$ が等しくないと判断した場合は、ステップ S124 へ進む。そして、動作点②' の電力値 $P_{2'}$ と動作点③' の電力値 $P_{3'}$ を比較する (ステップ S124)。もし、図 13 (3) に示すように、 $P_{2'}$ と $P_{3'}$ が等しければ、ステップ S134 へ進む。

【0124】上述と同様に、動作点②' の電圧値 V_2 と動作点③' の電圧値 V_3 の中間の電圧を設定電圧値 V とする (ステップ S134)。

$$V = V_1$$

なお、上式の代わりに $V = (V_2 + V_3) / 2$ を用いてもよいことは、上記説明から明らかである。そして、動作電圧をこの設定電圧値 V に設定する (ステップ S131)。

【0126】ステップ S124 において、動作点②' の電力値 $P_{2'}$ と動作点③' の電力値 $P_{3'}$ が等しくないと判断した場合は、ステップ S125 へ進み、実施例 5 と同様の曲率チェックと 2 次曲線近似を用いた動作電圧の設定を行う。

【0127】以上の動作を繰り返すことで、最大電力が取り出せる動作点を追従することができる。

【0128】このように、同一電圧の電力値から日射変動を推定し、データを補正することにより、同一時刻、同一出力特性曲線上でのデータが得られるとともに、補正されたデータの電圧-電力特性曲線の対称性に注目し、同一電力値のデータがある場合には電圧値の等しい2点の電圧の中間の値を設定電圧とし、少ない手間で2次曲線近似と同様に最適動作点を探索することができる。また、補正されたデータより電圧-電力特性曲線の曲率に注目し、上に凹なら測定データへのノイズ混入などによる異常データと判断し、最適動作点探索を中断して探索誤動作の発生を防いで、誤動作による効率低下を抑制する。これに対して、上に凸なら正常データと判断し、最適動作点探索を継続して最大出力となるように制御する。また、上に凸の場合でも、移動量が所定値より大きい場合は、移動量の大きさを所定値に制限して動作点を設定することで、測定データへのノイズ混入時の探索誤動作による効率低下を防ぐ。

【0129】これにより、太陽電池から最大電力を取り出すことができ、システムを高効率に運用できる。

【0130】〔実施例7〕本発明の第7の実施例に係る電力制御方法を用いた太陽光発電システムは、上述の実施例と同様に図1のように構成される。以下、図15を用いて上述の実施例と異なる電力制御方法について説明する。図15には、本実施例のフローチャートが示されている。

【0131】図15のフローチャートのステップS146までは実施例1および実施例3と同様であり、詳細な説明は省略する。以下、異なる部分について説明する。

【0132】ステップS146までで得られた動作点のデータにおいて、3点の電圧間隔が等しく、そのうちの2点の電力値が等しい3つの動作点を2次曲線で近似する場合の設定電圧Vを考える。まず、 $P1 = P2$ の場合では、 $V = V1 + dV/2$ となる。つまり、 $V1$ と $V2$ の中間の電圧が設定電圧となる。 $P1 = P3$ の場合では、 $V = V1 - dV/2$ となる。つまり、 $V1$ と $V3$ の中間の電圧が設定電圧となる。そして、 $P2 = P3$ の場合では、 $V = V1$ となる。つまり、 $V2$ と $V3$ の中間の電圧が設定電圧となる。すなわち、2次曲線近似において、3点の電圧間隔が等しく、そのうちの2点の電力値が等しければ、その電力値が等しい2点の中間の電圧値が設定電圧となる。

【0133】これらのことを利用して、まず初めに、電力値P1と電力値P2を比較する(ステップS147)。もし、P1とP2が等しければ、ステップS154へ進み、電圧値V1と電圧値V2の中間の電圧を設定電圧値Vとする(ステップS154)。

$$V = (V1 + V2) / 2$$

なお、上式の代わりに、 $V = V1 + dV/2$ を用いても

良いことは、上記説明から明らかである。そして、動作電圧をこの設定電圧値Vに設定する(ステップS153)。

【0134】ステップS147において、電力値P1とP2が等しくないと判断した場合は、ステップS148へ進む。そして、電力値P1と電力値P3を比較し(ステップS148)、P1とP3が等しければ、ステップS155へ進む。

【0135】上述と同様に、電圧値V1と電圧値V3の中間の電圧を設定電圧値Vとする(ステップS155)。

$$V = (V1 + V3) / 2$$

なお、上式の代わりに $V = V1 - dV/2$ を用いてもよいことは、上記説明から明らかである。そして、動作電圧をこの設定電圧値Vに設定する(ステップS153)。

【0136】ステップS148において、電力値P1と電力値P3が等しくないと判断した場合は、ステップS149へ進む。そして、電力値P2と電力値P3を比較し(ステップS149)、P2とP3が等しければ、ステップS156へ進む。

【0137】上述と同様に、電圧値V2と電圧値V3の中間の電圧を設定電圧値Vとする(ステップS156)。

$$V = V1$$

なお、上式の代わりに $V = (V2 + V3) / 2$ を用いてもよいことは、上記説明から明らかである。そして、動作電圧をこの設定電圧値Vに設定する(ステップS153)。

【0138】ステップS149において、電力値P2と電力値P3が等しくないと判断した場合は、ステップS150へ進み、実施例3と同様の曲率チェックと最大電力点の電圧選択を用いた動作電圧の設定を行う。

【0139】以上の動作を繰り返すことで、最大電力が取り出せる動作点を追従することができる。

【0140】このように、測定されたデータの電圧-電力特性曲線の対称性に注目し、同一電力値のデータがある場合には、電圧値の等しい2点の電圧の中間の値を設定電圧とし、少ない手間で2次曲線近似と同様に最適動作点を探索することができる。また、補正されたデータより電圧-電力特性曲線の曲率に注目し、上に凹なら測定データへのノイズ混入などによる異常データと判断し、最適動作点探索を中断して探索誤動作の発生を防いで、誤動作による効率低下を抑制する。これに対して、上に凸なら正常データと判断し、最適動作点探索を継続して最大出力となるように制御する。

【0141】これにより、太陽電池から最大電力を取り出すことができ、システムを高効率に運用できる。また、最大電力点の電圧を選択するアルゴリズムでは、指示できない探索動作点の中間の動作電圧を設定すること

ができ、より高精度に追尾できる。

【0142】

【発明の効果】以上述べてきたように、本発明の電力制御方法では、以下の効果を奏する。(1) 電圧-電力特性曲線の曲率に注目することにより、探索中での日射量変動や測定データにノイズ混入があった場合、最適動作点探索の誤動作を抑制して出力低下を防止し、最適動作点を正確に探索し、電池電源より最大出力を取り出すことができる。

(2) 日射量変動や測定データにノイズ混入の影響を受けずに常に最適動作点を探索・追尾できるので、システムは安定した動作を行うことができる。

(3) 曲率に注目する際に、近似曲線の凸凹の形状によりデータの正常・異常を判断することにより、非常に簡単な異常データを認識することができる。

(4) 移動量を制限することにより、ノイズ混入などによるデータ異常の場合でも、最適動作点探索の誤動作を抑制して出力低下を防止し、最適動作点を正確に探索し、電池電源より最大出力を取り出すことができる。

(5) 電力値が等しい2点の中間の電圧を設定することにより、簡単かつ正確に最適動作点を追尾できる。

(6) 上述の電力制御方法を2つまたは3つ組み合わせることで、よりよく最適動作点を探索・追尾して、電池電源より最大出力を取り出すことができる。

【0143】このように、本発明の電力制御方法は大変有用であり、特に、商用系統と連系する太陽光発電システムでは、その効果は非常に大きい。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の一実施例に係る電力制御方法を使用した太陽光発電システムの構成を示す図である。

【図2】 本発明の電力制御方法の原理を示す図である。

【図3】 本発明の第1の実施例に係る電力制御方法を示す図である。

【図4】 本発明の第1の実施例に係る電力制御方法のフローチャートである。

【図5】 本発明の第2の実施例に係る電力制御方法を示す図である。

【図6】 本発明の第2の実施例に係る電力制御方法のフローチャートである。

【図7】 本発明の第3の実施例に係る電力制御方法を示す図である。

【図8】 本発明の第3の実施例に係る電力制御方法のフローチャートである。

【図9】 本発明の第4の実施例に係る電力制御方法を示す図である。

【図10】 本発明の第4の実施例に係る電力制御方法のフローチャートである。

【図11】 本発明の第5の実施例に係る電力制御方法を示す図である。

【図12】 本発明の第5の実施例に係る電力制御方法のフローチャートである。

【図13】 本発明の第6の実施例に係る電力制御方法を示す図である。

【図14】 本発明の第6の実施例に係る電力制御方法のフローチャートである。

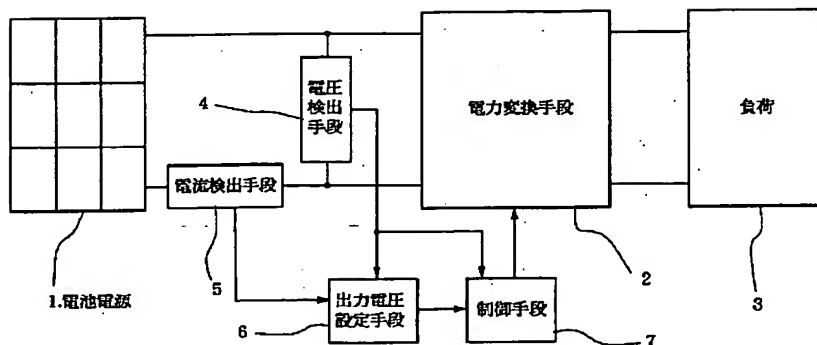
【図15】 本発明の第7の実施例に係る電力制御方法のフローチャートである。

【図16】 従来の電力制御方法を示す図である。

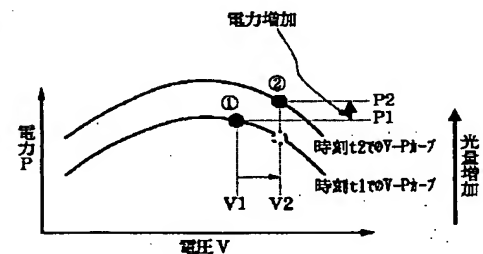
【符号の説明】

1：電池電源、2：電力変換手段、3：負荷、4：電圧検出手段、5：電流検出手段、6：出力電圧設定手段、7：制御手段。

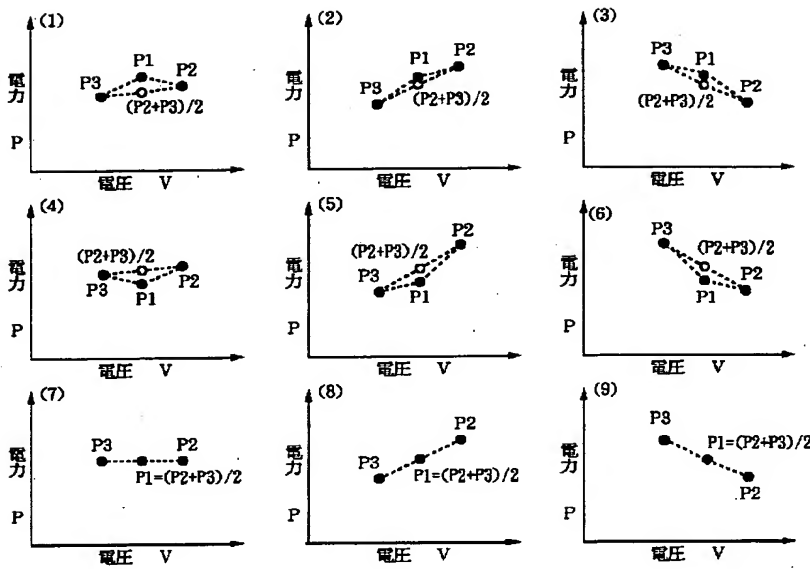
【図1】



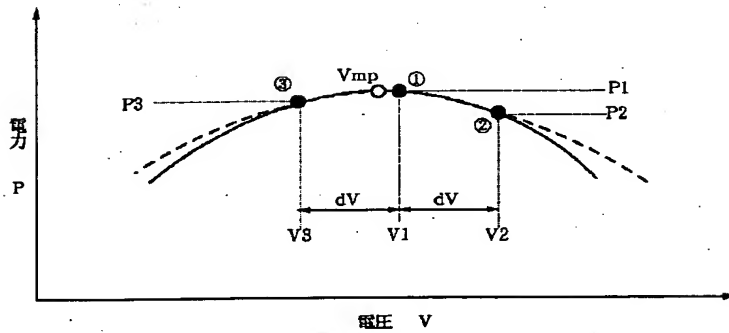
【図16】



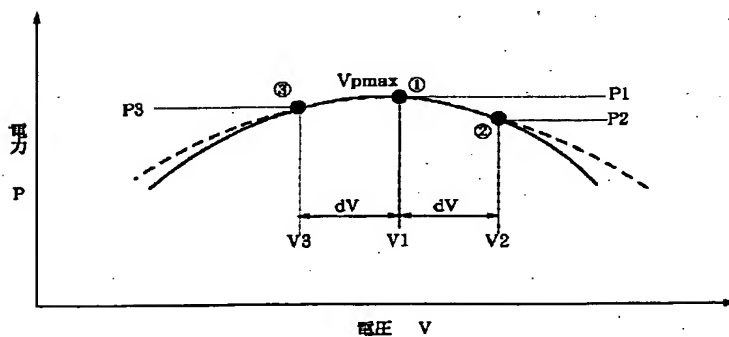
【図 2】



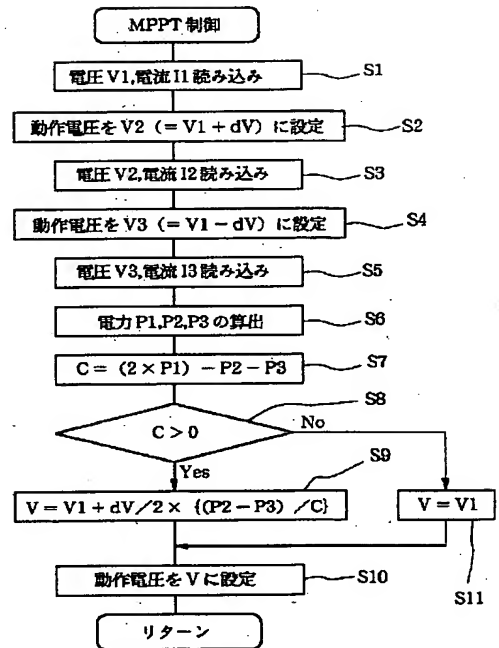
【図 3】



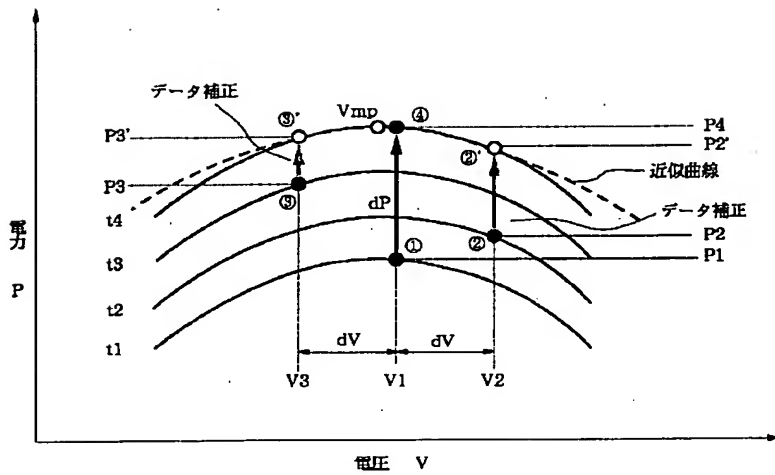
【図 7】



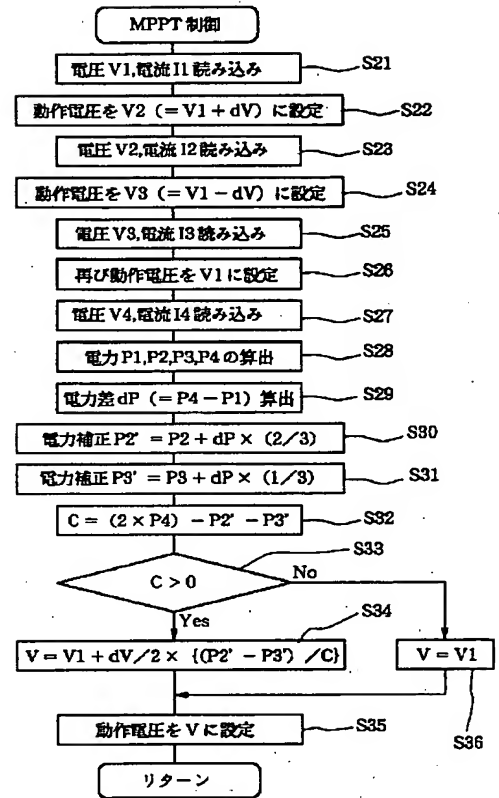
【図 4】



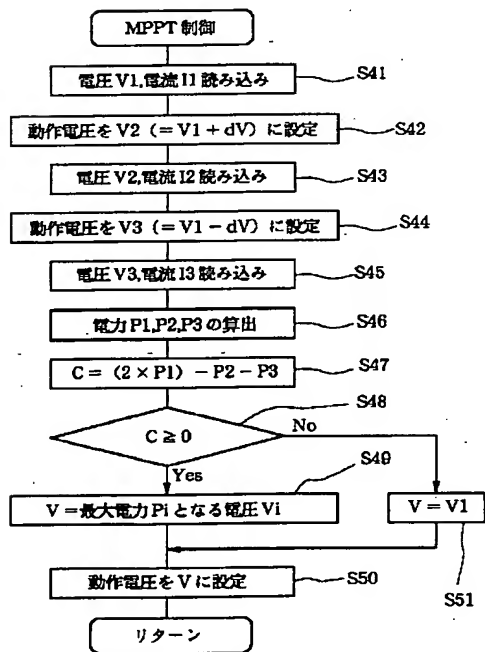
【図5】



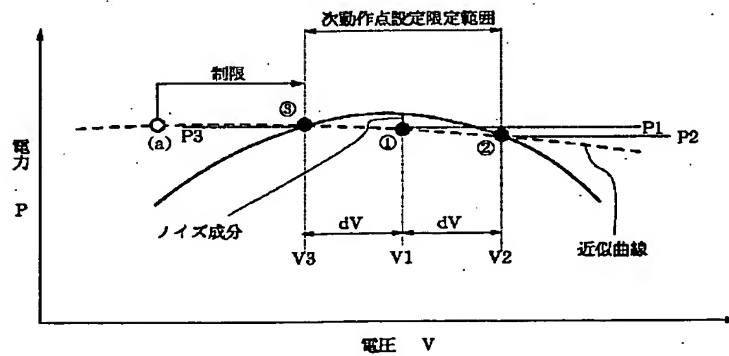
【図6】



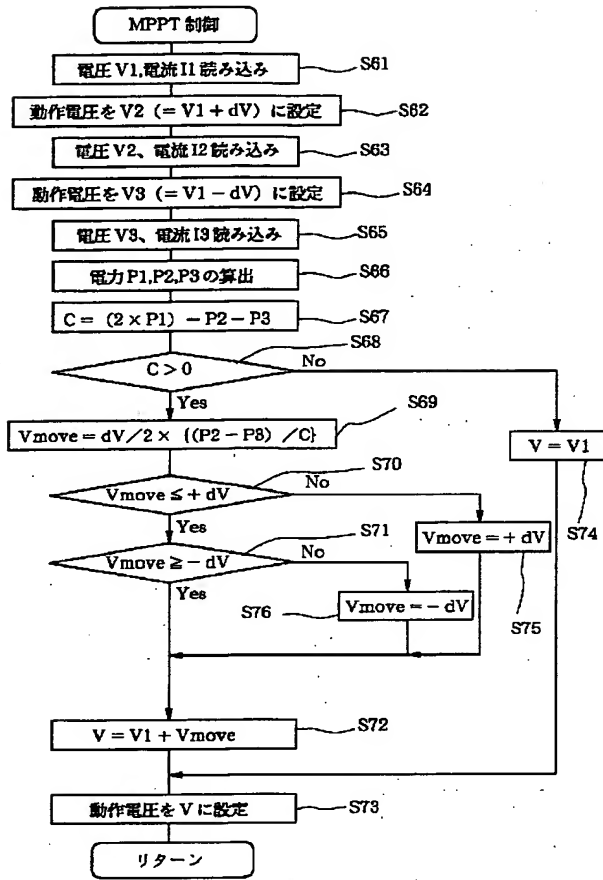
【図8】



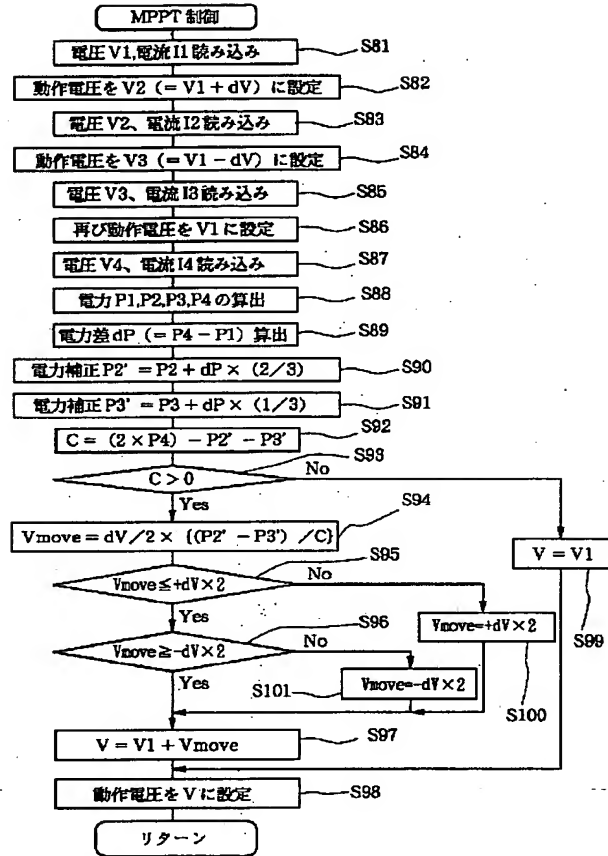
【図9】



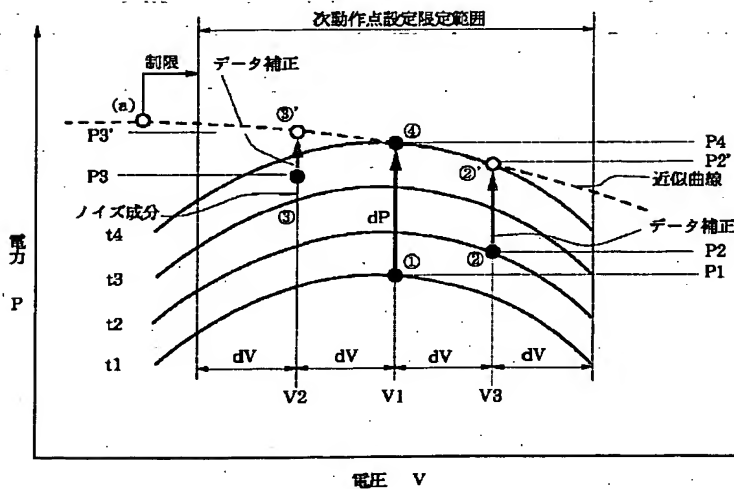
【図10】



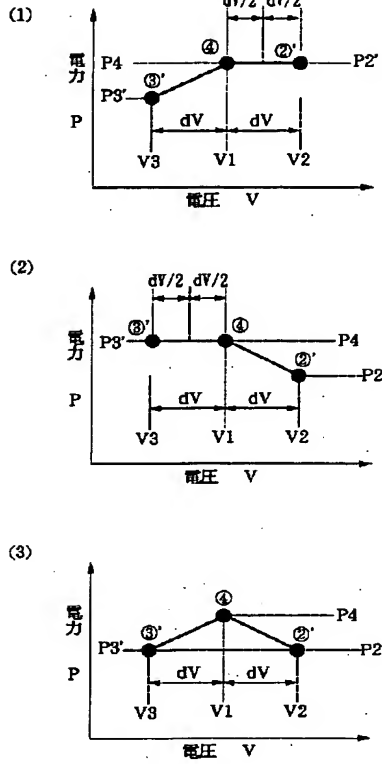
【図12】



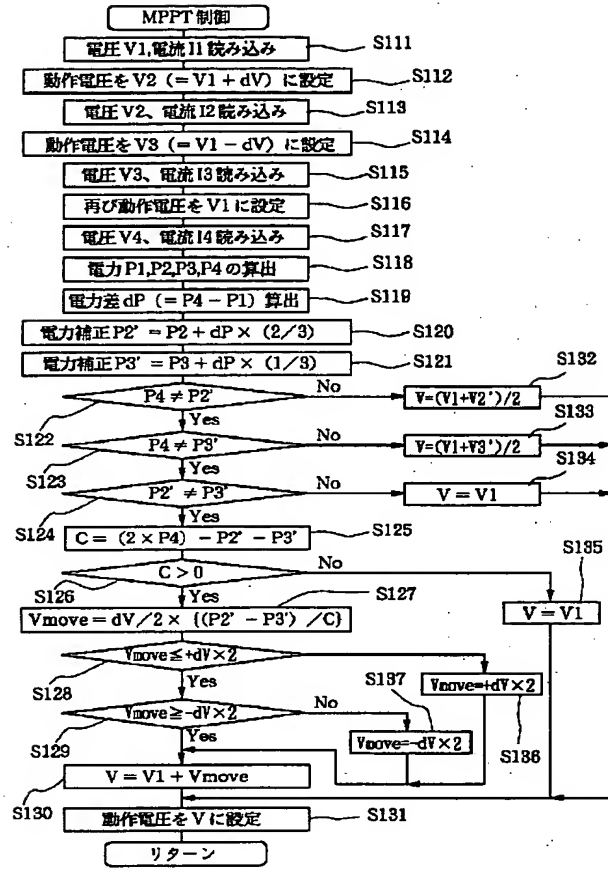
【図11】



【図 13】



【図 14】



【図15】

